

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-230155

(43)Date of publication of application : 05.09.1997

(51)Int.Cl.

G02B 6/13
// C08G 73/10

(21)Application number : 08-063867

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

(22)Date of filing : 27.02.1996

(72)Inventor : KOBAYASHI JUNYA
MARUNO TORU
MATSUURA TORU
SASAKI SHIGEKUNI
SAKATA TOMOMI

(54) PRODUCTION OF OPTICAL WAVEGUIDE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make it possible to manufacture an optical waveguide having excellent cost effectiveness and versatility by a simple method by cutting the flanks of a core part by using a dicing saw.

SOLUTION: A lower clad layer 2 is formed on a silicon substrate 1. Next, the core layer 3 having the refractive index larger than the refractive index of the lower clad lower 2 is formed on the lower clad lower 2. Finally, ≥ 2 grooves 4 are dug in the laminated films consisting of the lower clad lower 2 and the core layer 3 by using the dicing saw. The core 5 is formed therebetween. The ridge type optical waveguide is formed by such method. The core width is easily varied by changing the spacings between the grooves 4 in the stage for manufacturing such optical waveguide. The digging width of the grooves 4 suffices, insofar as the depth is deeper than the boundary of the lower clad layer 2 and the core layer 3. There is no need for making precise control. Particularly, the optical waveguide is produced more easily than heretofore.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.01.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 23.04.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-230155

(43) 公開日 平成9年(1997)9月5日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 6/13			G 0 2 B 6/12	M
// C 0 8 G 73/10	NTF		C 0 8 G 73/10	NTF

審査請求 未請求 請求項の数3 F D (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願平8-63867	(71) 出願人	000004226 日本電信電話株式会社 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号
(22) 出願日	平成8年(1996)2月27日	(72) 発明者	小林 潤也 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本 電信電話株式会社内
		(72) 発明者	丸野 透 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本 電信電話株式会社内
		(72) 発明者	松浦 徹 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本 電信電話株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 中本 宏 (外2名) 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光導波路の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 経済性、汎用性に優れた光導波路を作製するための簡便な方法を提供する。

【解決手段】 光を導波するコア部と、これを取巻くクラッド部からなる光導波路の作製工程において、コア部の側面をダイシングソーを用いて切削加工することにより形成する工程を含む光導波路の製造方法。当該製造方法においては、コア、クラッド部のいずれか、又は両方にポリイミド、特にフッ素を含有するポリイミドを用いることが好適である。

【効果】 コアの切削加工が可能になり、従来よりも簡単な方法で光導波路の製造ができるようになる。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光を導波するコア部と、これを取巻くクラッド部からなる光導波路の作製工程において、コア部の側面をダイシングソーを用いて切削加工することにより形成する工程を含むことを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項2】 請求項1に記載の光導波路の製造方法において、コア、クラッド部のいずれか、又は両方にポリイミドを用いることを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項3】 請求項2に記載の光導波路の製造方法において、ポリイミドがフッ素を含有するポリイミドであることを特徴とする光導波路の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、改良した光導波路の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 光通信システムの高度化、経済化に向けて、様々な光部品の研究開発が進められている。その中でも、光導波路は高密度光配線、導波路型光部品実現への基本技術として注目されている。一般的に、光導波路材料には、導波路作製の容易性、屈折率の制御性、耐熱性等の様々な条件が要求される。現在、光導波路材料としては石英が最もよく研究されており、この光導波路は波長 $1.3\mu\text{m}$ で $0.1\text{dB}/\text{cm}$ 以下の低光損失を示す。しかしながら、製造プロセスが複雑、大面積化が困難などの問題点を有し、経済性、汎用性に乏しい。一方、耐熱性、耐湿性に優れたポリイミドは、半導体部品の層間絶縁膜、フレキシブル配線基板などに用いられている。これまで本発明者らはポリイミドの光学材料としての可能性を研究してきた。その結果、側鎖にフッ素を置換したフッ素化ポリイミドが、近赤外域で透明であること（特開平3-72528号）、更にこのフッ素化ポリイミドを共重合体として用い共重合比を制御することにより、容易に屈折率を変えられることを特開平4-8734号公報で明らかにした。また、このフッ素化ポリイミドを用いた光導波路の形成法に関しても、特開平4-235505号、同4-235506号各公報に示した。一般的に、フッ素化ポリイミド光導波路形成は、コアの加工をリアクティブイオン エッチング法（RIE）で行う。しかしながら、RIE法によるコアの加工は、1）フォトリソグラフを用いたエッチング用マスクのパターニング、2）RIEを用いたコアのエッチング、3）エッチング後のマスクのはく離等、非常に複雑である。この中でも、2）のエッチング工程には長時間を要し、例えばシングルモード光導波路の一般的なコア厚である $8\mu\text{m}$ 程度の加工には、約1時間を要する。同様の製造方法でコア厚 $50\mu\text{m}$ 程度のマルチモード光導波路のコアを加工する場合には、約6時間と長いエッチング時間が必要とされる。この時、更にマスク材料のR

IEエッチングに対する耐久性も問題となる。例えば、一般的なプロセスで用いられているフォトレジストをマスクとして用いた場合、コアとマスクのエッチングレートの比（選択比）は20以下である。よって、フォトレジストをマスクとしてマルチモード光導波路形成を行おうとした場合、コアを $50\mu\text{m}$ エッチングするためにはマスクの膜厚は $2.5\mu\text{m}$ 以上必要とされる。しかしながら、通常のフォトレジストの膜厚は $2\mu\text{m}$ が限界であるため、マルチモード光導波路形成のコアの加工工程に用いることができない。このため、選択比の大きな他の材料をマスクとして選択する必要がある。一般的には、チタンなどの金属マスクが選択比が大きく、マルチモード光導波路のコアの加工工程に用いられている。しかしながら、金属マスクを用いたコアの加工は、1）金属の蒸着、2）フォトリソグラフを用いたエッチング用マスクのパターニング、3）金属のエッチング、4）RIEを用いたコアのエッチング、5）エッチング後の金属マスクのはく離等、導波路作製工程は更に複雑になる。上述してきたように、光導波路のコアの加工はRIEプロセスを用いる限り非常に複雑、かつ長時間を必要とする。今後、光導波路の経済性、汎用性を達成するためには、RIEプロセスを用いない単純な方法でコアを加工する導波路の製造方法が望まれる。この問題を解決するために、本発明者らはポリイミド光導波路製造方法の簡略化を目指して研究を進めてきた。特開平4-226549号明細書ではポリイミドに電子線を照射することにより屈折率が変化することを示し、この現象を利用した電子線照射ポリイミド光導波路の製造法の特開平6-71282号明細書で明らかにした。この方法はコア形状 $8\times 8\mu\text{m}$ 程度のシングルモード光導波路形成には有効である。しかしながら、電子線照射工程に真空装置を必要とするため、単純かつ汎用的ではない。更に、コア形状が $50\times 50\mu\text{m}$ 程度と大きいマルチモード光導波路形成においては、電子線の進入深さが $50\mu\text{m}$ 以下であるためこの方法は適用できない。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の目的は、経済性、汎用性に優れた光導波路を作製するための簡便な方法を提供することにある。

【0004】

【課題を解決するための手段】 本発明を概説すれば、第1の発明の光導波路の製造方法は、光を導波するコア部と、これを取巻くクラッド部からなる光導波路の作製工程において、コア部の側面をダイシングソーを用いて切削加工することにより形成することの特徴とする。第2の発明の光導波路の製造方法は、第1の発明の光導波路の製造方法において、コア、クラッド部のいずれか、又は両方にポリイミドを用いることを特徴とする。第3の発明の光導波路の製造方法は、第2の発明の光導波路の製造方法において、ポリイミドがフッ素を含有するポリ

イミドであることを特徴とする。

【0005】本発明により、RIE法、電子線描画法よりも単純な方法でコアの加工が可能になり、光導波路形成が容易になった。

【0006】

【発明の実施の形態】以下、本発明を具体的に説明する。本発明の一般的な導波路製造方法を説明する。図1にダイシングソーを用いたリッジ型光導波路の作製工程を示す。まず、シリコン基板1上に下部クラッド層2を形成する。次に、下部クラッド層2上へ、下部クラッド層2よりも屈折率の大きなコア層3を形成する。最後に、下部クラッド層2、コア層3からなる積層膜に対して、ダイシングソーを用いて2本以上の溝4を掘り、これらの間にコア5を形成する。このような方法により、リッジ型光導波路が形成される。

【0007】図2はダイシングソーを用いた、埋め込み型フッ素化ポリイミド光導波路の1例の作製工程図である。まず、シリコン基板1上に下部クラッド層2を形成する。次に、下部クラッド層2上へ、下部クラッド層2よりも屈折率の大きなコア層3を形成する。次に、下部クラッド層2、コア層3からなる積層膜に対して、ダイシングソーを用いて2本以上の溝4を掘り、これらの間にコア5を形成する。最後に、ダイシングソーによりコア5が形成されたコア層3'上に上部クラッド層6を形成する。この上部クラッド層6はコア層3'上だけでなく、ダイシングソーで切削した溝4中にも入り込むため、コア5は完全にクラッドで覆われる。このような方法により、埋め込み型光導波路が形成される。

【0008】図3は、上部クラッドを形成した後にダイシングソーを用いて切削を行う、埋め込み型フッ素化ポリイミド光導波路の1例の作製工程図である。まず、シリコン基板1上に下部クラッド層2を形成する。次に、下部クラッド層2上へ、下部クラッド層2よりも屈折率の大きなコア層3を形成する。次に、このコア層3上に上部クラッド層7を形成する。このようにして形成した下部クラッド層2、コア層3、上部クラッド層7からなる積層膜に対して、ダイシングソーにより2本以上の溝8を掘り、これらの間にコア9を形成する。最後に、ダイシングソーによりコア9が形成された上部クラッド層7'上へ上部クラッド層10を形成する。この上部クラッド層10は上部クラッド層7'上だけでなく溝8中にも入り込むため、コア9は完全にクラッドで覆われる。このような方法により、埋め込み型光導波路が形成される。

【0009】これら図1から図3に示した光導波路の作製工程において、コア幅は溝の間隔を変えることにより簡単に変わることができる。また、溝の掘り込み深さは下部クラッド層とコア層3の界面より深ければよく、精密な制御をする必要はない。このように本発明を用いることにより、様々な光導波路を作製できる。

【0010】次に、本発明に適用できるクラッド、コア材料について説明する。第1の発明の光導波路の製造方法において、クラッド、コアには石英などの透明な材料を用いることができるが、特にダイシングソーでの加工が容易な高分子材料が適している。例えば、ポリイミド、エポキシ樹脂、ポリエーテルスルホン、ポリメチルメタクリレート、ポリカーボネート、シリコン樹脂、ポリベンゾシクロブテンなどが挙げられる。

【0011】一般的に、光導波路に対して長期安定性、耐熱性を要求する場合、コア、及びクラッド材料の選択は重要である。第2の発明で光導波路材料として限定したポリイミドは、上述した高分子材料の中でも特に耐熱性に優れた材料であるため、形成した光導波路は長期安定性、耐熱性を有したものとなる。更に、このポリイミド光導波路が優れた光学特性を有するためには、ポリイミドの光透過性が重要になる。第3の発明で限定したフッ素を含有するポリイミドは、近赤外域で透明であり光学材料としての性能を十分に満たす。この材料は、例えば以下に示すテトラカルボン酸又はその誘導体とジアミンから製造することができ、ポリイミド単体、ポリイミド共重合体、ポリイミド混合物、及びこれらに必要に応じて添加材等を添加したものなどがある。テトラカルボン酸並びにその誘導体としての酸無水物、酸塩化物、エステル化物等としては次のようなものが挙げられる。ここではテトラカルボン酸としての例を挙げる。

【0012】(トリフルオロメチル)ピロメリット酸、ジ(トリフルオロメチル)ピロメリット酸、ジ(ヘプタフルオロプロピル)ピロメリット酸、ペンタフルオロエチルピロメリット酸、ビス(3, 5-ジ(トリフルオロメチル)フェノキシ)ピロメリット酸、2, 3, 3', 4'-ビフェニルテトラカルボン酸、3, 3', 4, 4'-テトラカルボキシジフェニルエーテル、2, 3, 3', 4'-テトラカルボキシジフェニルエーテル、3, 3', 4, 4'-ベンゾフェノンテトラカルボン酸、2, 3, 6, 7-テトラカルボキシナフタレン、1, 4, 5, 7-テトラカルボキシナフタレン、1, 4, 5, 6-テトラカルボキシナフタレン、3, 3', 4, 4'-テトラカルボキシジフェニルメタン、3, 3', 4, 4'-テトラカルボキシジフェニルスルホン、2, 2'-ビス(3, 4-ジカルボキシフェニル)プロパン、2, 2'-ビス(3, 4-ジカルボキシフェニル)ヘキサフルオロプロパン、5, 5'-ビス(トリフルオロメチル)-3, 3', 4, 4'-テトラカルボキシビフェニル、2, 2', 5, 5'-テトラキス(トリフルオロメチル)-3, 3', 4, 4'-テトラカルボキシビフェニル、5, 5'-ビス(トリフルオロメチル)-3, 3', 4, 4'-テトラカルボキシジフェニルエーテル、5, 5'-ビス(トリフルオロメチル)-3, 3', 4, 4'-テトラカルボキシベンゾフェノン、ビス(3, 4-ジカルボキシフェニル)ジカルボキシフェノ

キシ) ベンゼン、ビス (トリフルオロメチル) ジカルボキシフェノキシ) (トリフルオロメチル) ベンゼン、ビス (ジカルボキシフェノキシ) (トリフルオロメチル) ベンゼン、ビス (ジカルボキシフェノキシ) ビス (トリフルオロメチル) ベンゼン、ビス (ジカルボキシフェノキシ) テトラキス (トリフルオロメチル) ベンゼン、3, 4, 9, 10-テトラカルボキシペリレン、2, 2-ビス (4- (3, 4-ジカルボキシフェノキシ) フェニル) プロパン、ブタンテトラカルボン酸、シクロペンタンテトラカルボン酸、2, 2-ビス (4- (3, 4-ジカルボキシフェノキシ) フェニル) ヘキサフルオロプロパン、ビス (トリフルオロメチル) ジカルボキシフェノキシ) ビフェニル、ビス (トリフルオロメチル) ジカルボキシフェノキシ) ビス (トリフルオロメチル) ビフェニル、ビス (トリフルオロメチル) ジカルボキシフェノキシ) ジフェニルエーテル、ビス (ジカルボキシフェノキシ) ビス (トリフルオロメチル) ビフェニル、ビス (3, 4-ジカルボキシフェニル) ジメチルシラン、1, 3-ビス (3, 4-ジカルボキシフェニル) テトラメチルジシロキサン、ジフルオロピロメリット酸、1, 4-ビス (3, 4-ジカルボキシトリフルオロフェノキシ) テトラフルオロベンゼン、1, 4-ビス (3, 4-ジカルボキシトリフルオロフェノキシ) オクタフルオロビフェニルなどである。

【0013】ジアミンとしては、例えば次のものが挙げられる。m-フェニレンジアミン、2, 4-ジアミノトルエン、2, 4-ジアミノキシレン、2, 4-ジアミノデュレン、4- (1H, 1H, 11H-エイコサフルオロウンデカノキシ) -1, 3-ジアミノベンゼン、4- (1H, 1H-パーフルオロ-1-ブタノキシ) -1, 3-ジアミノベンゼン、4- (1H, 1H-パーフルオロ-1-ヘプタノキシ) -1, 3-ジアミノベンゼン、4- (1H, 1H-パーフルオロ-1-オクタノキシ) -1, 3-ジアミノベンゼン、4-ペンタフルオロフェノキシ-1, 3-ジアミノベンゼン、4- (2, 3, 5, 6-テトラフルオロフェノキシ) -1, 3-ジアミノベンゼン、4- (4-フルオロフェノキシ) -1, 3-ジアミノベンゼン、4- (1H, 1H, 2H, 2H-パーフルオロ-1-ヘキサノキシ) -1, 3-ジアミノベンゼン、4- (1H, 1H, 2H, 2H-パーフルオロ-1-ドデカノキシ) -1, 3-ジアミノベンゼン、p-フェニレンジアミン、2, 5-ジアミノトルエン、2, 3, 5, 6-テトラメチル-p-フェニレンジアミン、2, 5-ジアミノベンゾトリフルオリド、ビス (トリフルオロメチル) フェニレンジアミン、ジアミノテトラ (トリフルオロメチル) ベンゼン、ジアミノ (ペンタフルオロエチル) ベンゼン、2, 5-ジアミノ (パーフルオロヘキシル) ベンゼン、2, 5-ジアミノ (パーフルオロブチル) ベンゼン、ベンジジン、2, 2'-ジメチルベンジジン、3, 3'-ジメチルベンジジン、

3, 3'-ジメトキシベンジジン、2, 2'-ジメトキシベンジジン、3, 3', 5, 5'-テトラメチルベンジジン、3, 3'-ジアセチルベンジジン、2, 2'-ビス (トリフルオロメチル) -4, 4'-ジアミノビフェニル、オクタフルオロベンジジン、3, 3'-ビス (トリフルオロメチル) -4, 4'-ジアミノビフェニル、4, 4'-ジアミノジフェニルエーテル、4, 4'-ジアミノジフェニルメタン、4, 4'-ジアミノジフェニルスルホン、2, 2-ビス (p-アミノフェニル) プロパン、3, 3'-ジメチル-4, 4'-ジアミノジフェニルエーテル、3, 3'-ジメチル-4, 4'-ジアミノジフェニルメタン、1, 2-ビス (アニリノ) エタン、2, 2-ビス (p-アミノフェニル) ヘキサフルオロプロパン、1, 3-ビス (アニリノ) ヘキサフルオロプロパン、1, 4-ビス (アニリノ) オクタフルオロブタン、1, 5-ビス (アニリノ) デカフルオロペンタン、1, 7-ビス (アニリノ) テトラデカフルオロヘプタン、2, 2'-ビス (トリフルオロメチル) -4, 4'-ジアミノジフェニルエーテル、3, 3'-ビス (トリフルオロメチル) -4, 4'-ジアミノジフェニルエーテル、3, 3', 5, 5'-テトラキス (トリフルオロメチル) -4, 4'-ジアミノジフェニルエーテル、3, 3'-ビス (トリフルオロメチル) -4, 4'-ジアミノベンゾフェノン、4, 4'-ジアミノ-p-エチルフェニル、1, 4-ビス (p-アミノフェニル) ベンゼン、p-ビス (4-アミノ-2-トリフルオロメチルフェノキシ) ベンゼン、ビス (アミノフェノキシ) ビス (トリフルオロメチル) ベンゼン、ビス (アミノフェノキシ) テトラキス (トリフルオロメチル) ベンゼン、4, 4', 4'', 4'''-ジアミノ-p-クオーターフェニル、4, 4'-ビス (p-アミノフェノキシ) ビフェニル、2, 2-ビス (4- (p-アミノフェノキシ) フェニル) プロパン、4, 4'-ビス (3-アミノフェノキシフェニル) ジフェニルスルホン、2, 2-ビス (4- (4-アミノフェノキシ) フェニル) ヘキサフルオロプロパン、2, 2-ビス (4- (3-アミノフェノキシ) フェニル) ヘキサフルオロプロパン、2, 2-ビス (4- (2-アミノフェノキシ) フェニル) ヘキサフルオロプロパン、2, 2-ビス (4- (4-アミノフェノキシ) -3, 5-ジメチルフェニル) ヘキサフルオロプロパン、2, 2-ビス (4- (4-アミノフェノキシ) -3, 5-ジトリフルオロメチルフェニル) ヘキサフルオロプロパン、4, 4'-ビス (4-アミノ-2-トリフルオロメチルフェノキシ) ビフェニル、4, 4'-ビス (4-アミノ-3-トリフルオロメチルフェノキシ) ビフェニル、4, 4'-ビス (4-アミノ-2-トリフルオロメチルフェノキシ) ジフェニルスルホン、4, 4'-ビス (3-アミノ-5-トリフルオロメチルフェノキシ) ジフェニルスルホン、2, 2-ビス (4- (4-アミノ-3-トリフルオロメチルフェノキシ) フェニル)

ヘキサフルオロプロパン、ビス〔(トリフルオロメチル)アミノフェノキシ〕ビフェニル、ビス〔(トリフルオロメチル)アミノフェノキシ〕フェニル〕ヘキサフルオロプロパン、ジアミノアントラキノン、1, 5-ジアミノナフタレン、2, 6-ジアミノナフタレン、ビス〔2-[(アミノフェノキシ)フェニル]ヘキサフルオロイソプロピル〕ベンゼン、ビス(2, 3, 5, 6-テトラフルオロ-4-アミノフェニル)エーテル、ビス(2, 3, 5, 6-テトラフルオロ-4-アミノフェニル)スルフィド、1, 3-ビス(3-アミノプロピル)テトラメチルジシロキサン、1, 4-ビス(3-アミノプロピルジメチルシリル)ベンゼン、ビス(4-アミノフェニル)ジエチルシラン、1, 3-ジアミノテトラフルオロベンゼン、1, 4-ジアミノテトラフルオロベンゼン、4, 4'-ビス(テトラフルオロアミノフェノキシ)オクタフルオロビフェニル等がある。

【0014】本発明で用いるダイシングソーとは、薄型で外周刃径2〜3インチ程度のブレードをエアスピンドルにより回転させ、超精密(精度1 μ m以下)に溝加工、切断を行う装置である。現在、半導体の分野において、シリコンウエハーや化合物半導体ウエハーの切断に通常使用されている。本発明では、種々のメーカーから商品化されているものが使用できるし、今後商品化されるものも当然のことながら使用できる。例えば、(株)ディスコ社製ダイシングソーとカッティングソー、(株)東京精密社製ダイシングマシンなどが現在市販され、半導体ウエハーの切断などに用いられている。

【0015】

【実施例】以下、図面を用いて本発明を更に具体的に説明する。なお、本実施例では、コア、クラッドの材料にフッ素化ポリイミドを用いて説明するが、他の材料を用いて光導波路形成が可能なのは言うまでもない。

【0016】実施例1

図1に示すリッジ型フッ素化ポリイミド光導波路の作製工程を説明する。最初に、フッ素化ポリイミドの前駆体である濃度約15wt%のポリアミド酸溶液をSi基板1上にスピコートした後、オープン中で70℃で2時間、160℃で1時間、250℃で30分、380℃で1時間加熱しイミド化を行い、下部クラッド層2を形成した。次に、下部クラッド層2上へ、下部クラッド層2よりも屈折率の大きなフッ素化ポリイミドが生成するポリアミド酸溶液を、加熱イミド化後の膜厚が50 μ mになるようにスピコートした。その後、オープン中で70℃で2時間、160℃で1時間、250℃で30分、380℃で1時間加熱しイミド化を行い、コア層3を形成した。最後に、下部クラッド層2、コア層3からなる積層膜に対して、ダイシングソーを用い50 μ mの間隔で2本以上の溝4を掘り、これらの間に50 \times 50 μ mのコア5を形成した。このような方法により、リッジ型フッ素化ポリイミド光導波路を形成した。この時、コア

幅は溝の間隔を変えることにより簡単に変わることが出来る。また、溝4の掘り込み深さは下部クラッド層2とコア層3の界面より深ければよく、精密な制御をする必要はない。このような方法によって、リッジ型フッ素化ポリイミド光導波路が形成される。形成したフッ素化ポリイミド光導波路はダイシングソーを用いて切り出した後、導波路端面を研磨した。波長1.3 μ mの光を入射したとき、50 \times 50 μ mのコア内に光が閉じ込まれておりマルチモードの光導波を示した。このときの光損失はTE、TMが共に、1dB/cm以下であった。

【0017】実施例2

図2に示す埋め込み型フッ素化ポリイミド光導波路の作製工程を説明する。最初に、フッ素化ポリイミドの前駆体である濃度約15wt%のポリアミド酸溶液をSi基板1上にスピコートした後、オープン中で70℃で2時間、160℃で1時間、250℃で30分、380℃で1時間加熱しイミド化を行い、下部クラッド層2を形成する。次に、下部クラッド層2上へ、下部クラッド層2よりも屈折率の大きなフッ素化ポリイミドが生成するポリアミド酸溶液を、加熱イミド化後の膜厚が50 μ mになるようにスピコートした。その後、オープン中で70℃で2時間、160℃で1時間、250℃で30分、380℃で1時間加熱しイミド化を行い、コア層3を形成した。次に、下部クラッド層2、コア層3からなる積層膜に対して、ダイシングソーを用いて50 μ mの間隔で2本以上の溝4を掘り、これらの間に50 \times 50 μ mのコア5を形成した。実施例1と同様に、溝4の間隔は要求されるコア幅に応じて変化させればよく、溝4の掘り込み深さも、下部クラッド層2とコア層3の界面より深ければよい。最後に、ダイシングソーにより溝4が掘られ、50 \times 50 μ mのコア5が形成されたコア層3'上に、下部クラッド層2に用いたポリアミド酸溶液と同じポリアミド酸溶液をスピコートした後、オープン中で70℃で2時間、160℃で1時間、250℃で30分、380℃で1時間加熱しイミド化を行い、上部クラッド層6を形成した。この上部クラッド層6はコア層3'上だけでなく、ダイシングソーで切削した溝4中にも入り込むため、コア5は完全にクラッドで覆われた。このような方法によって、埋め込み型フッ素化ポリイミド光導波路が形成された。この埋め込み型フッ素化ポリイミド光導波路は、下部クラッド層2と上部クラッド層6が同じ屈折率を持つため、クラッド/コア間の屈折率差はTEとTMで同じであり、光導波路の偏波依存性は生じない。

【0018】実施例3

図3に示す埋め込み型フッ素化ポリイミド光導波路の作製工程を説明する。最初に、フッ素化ポリイミドの前駆体である濃度約15wt%のポリアミド酸溶液をSi基板1上にスピコートした後、オープン中で70℃で2時間、160℃で1時間、250℃で30分、380℃

で1時間加熱しイミド化を行い、下部クラッド層2を形成する。次に、下部クラッド層2上へ、下部クラッド層2よりも屈折率の大きなフッ素化ポリイミドが生成するポリアミド酸溶液を、加熱イミド化後の膜厚が $50\mu\text{m}$ になるようにスピコートした。その後、オープン中で 70°C で2時間、 160°C で1時間、 250°C で30分、 380°C で1時間加熱しイミド化を行い、コア層3を形成した。次に、コア層3上に下部クラッド層2に用いたポリアミド酸溶液と同じポリアミド酸溶液をスピコートした後、オープン中で 70°C で2時間、 160°C で1時間、 250°C で30分、 380°C で1時間加熱しイミド化を行い、上部クラッド層7を形成した。このようにして形成した、下部クラッド層2、コア層3、上部クラッド層7からなる積層膜に対して、ダイシングソーにより2本以上の溝8を $50\mu\text{m}$ ピッチで切削し、 $50\times 50\mu\text{m}$ のコア9を溝の間に形成した。実施例1、実施例2と同様に、コア幅は溝8の間隔を変えることにより変えることができる。また、溝8の掘り込み深さも、下部クラッド層2とコア層3の界面より深ければよい。最後に、ダイシングソーを用いて2本以上の溝が掘られた上部クラッド層7'上へ、下部クラッド層2、上部クラッド層7に用いたポリアミド酸溶液と同じポリアミド酸溶液をスピコートした後、オープン中で 70°C で2時間、 160°C で1時間、 250°C で30分、 380°C で1時間加熱しイミド化を行い、上部クラッド層10を形成した。このポリアミド酸溶液は上部クラッド層7'上だけでなく溝8中にも入り込むため、コア9は完全に同一の屈折率をもつクラッドで覆われる。この方法によって、実施例2で形成したものと同じ、コアがクラッドで完全に覆われた埋め込み型フッ素化ポリイミド光導波

路が形成された。この光導波路の屈折率差はTEとTM方向で同じであるため、光導波路の偏波依存性は生じない。

【0019】実施例4

本実施例4では、実施例1から実施例3で形成したフッ素化ポリイミド光導波路をフッ酸水溶液に浸し、基板からはく離した。この方法によって、柔軟性に富んだフッ素化ポリイミドフィルム光導波路が形成された。このフッ素化ポリイミドフィルム光導波路は基板から受ける応力が取り除かれたため、光特性（光損失、光導波特性）は更に向上した。

【0020】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明の光導波路の作製法により、コアの切削加工が可能になり、これまでよりも簡単な方法で光導波路の製造ができるようになった。

【図面の簡単な説明】

【図1】ダイシングソーを用いたリッジ型光導波路の作製工程の1例を示す工程図である。

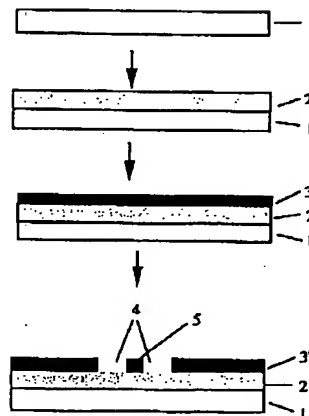
【図2】ダイシングソーを用いた埋め込み型光導波路の作製工程の1例を示す工程図である。

【図3】ダイシングソーを用いた埋め込み型光導波路の作製工程の他の例を示す工程図である。

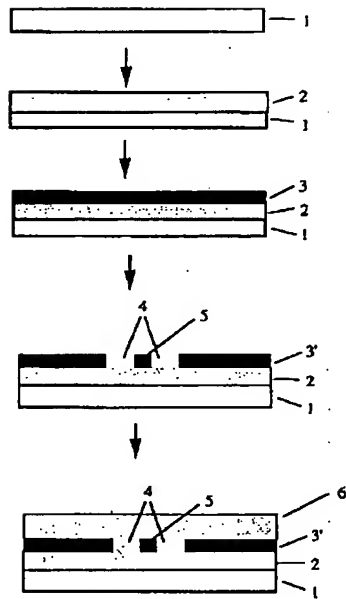
【符号の説明】

1：シリコン基板、2：下部クラッド層、3：コア層、3'：ダイシングソーにより溝が掘られたコア層、4：溝、5：コア、6：上部クラッド層、7：上部クラッド層、7'：ダイシングソーにより溝が掘られたコア層、8：溝、9：コア、10：上部クラッド層

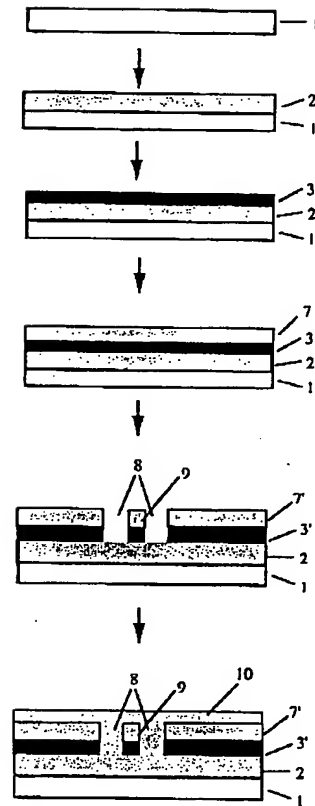
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 佐々木 重邦
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72)発明者 阪田 知巳
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

